动 物 学 研 究 2001, Apr. 22 (2): 115~119 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

鼻优草螽和苍白优草螽鸣声和发声器的研究

石福明[①] 杨培林[②] 蒋书楠[①]
(①西南农业大学植保系 重庆 400716)(②山西师范大学物理系 山西 041000)

摘要：鼻优草螽［*Euconocephalus nasutus*（Thunberg）］和苍白优草螽［*Euconocephalus pallidus*（Redtenbacher）］外形相似，但其鸣声特征和发声器的结构明显不同。鼻优草螽鸣声的每个脉冲组由4个脉冲串构成，脉冲组持续时间4.5 ms，脉冲组间隔为1.8 ms，主能峰频率为11.37 kHz。苍白优草螽鸣声的每个脉冲组仅由1个脉冲串构成，脉冲组持续时间1.6 ms，脉冲组间隔为4.3 ms，主能峰频率为11.03 kHz。鼻优草螽发声锉较弯曲，中部稍粗壮，两端稍细。苍白优草螽发声锉较直，呈棒状。

关键词：鸣声；发声器；优草螽属
中图分类号：Q969.26+3.1 **文献标识码**：A **文章编号**：0254-5853(2001)02-0115-05

螽斯的鸣声是种群内个体间传递信息的一种主要方式，是进行繁殖等生命活动的基础。在国外，Bailey1976年就开始从事螽斯鸣声的研究(Bailey，1976，1979；Ragge，1990)，Heller1995年又采用电镜技术研究一些种类的雄性发声器。在我国，何忠和陈念丽(1985)、沈钧贤和关力(1988)、沈钧贤和唐欢(1991)、王荫长等(1988)曾研究过螽斯总科一些种类的鸣声；王荫长等(1988)、石福明和郑哲民(1998，1999)也曾经研究过螽斯总科一些种类雄性发声器的结构。本文应用计算机技术，对采自重庆和四川的优草螽属（*Euconocephalus*）的2个种——鼻优草螽［*E. nasutus*（Thunberg）］和苍白优草螽［*E. pallidus*（Redtenbacher）］鸣声特征进行了分析，并应用扫描电子显微镜，观察了2种螽斯雄性发声锉的形态和发声齿的结构。

1 材料与方法

选晴天夜间20：00~22：00作为录音时间，在昆虫附着的植物上设置话筒录音。鼻优草螽的鸣声于2000-03-25~30录自重庆北碚，录音时的气温为20℃。苍白优草螽的鸣声于1999-08-12录自四川省雷波县西宁镇，录音时的气温为24℃。

录音采用SONY MZ-R55型数字光盘录音机（频响范围20 Hz~20 kHz），通过外接的Philips SBC ME400型话筒，距虫体10~15 cm处，录制单头雄性的自然鸣叫声。借助计算机，通过Jiont Time-Frequency Analyzer3.1系统，把螽斯的鸣声信号转化为数字信号，并保存在软盘上。鸣声信号的时域波形图可通过计算机的图形功能，用激光打印机打印出来。通过傅里叶变换后，相关的频谱图和声谱图也可打印出来。

在解剖镜下绘制2种螽斯雄性左前翅发声区的形态图。用于电镜观察的螽斯发声器材料，先清洗干净，然后用无水酒精冲洗2次，自然干燥，经喷镀后，在S-570 Hitachi扫描电子显微镜下观察。

2 结 果

2.1 鼻优草螽和苍白优草螽雄性左前翅发声区的脉序

鼻优草螽和苍白优草螽雄性左前翅发声区主要翅脉的形态和分布见图1。2个种的1A和2A脉、Cu_2和Cu_{2a}脉明显，但形态却不同。鼻优草螽雄性左前翅Cu_2脉基部细，中后部粗壮。苍白优草螽左前翅Cu_2脉较直，外形呈纺锤形，中部较粗，两端较细。

2.2 鼻优草螽和苍白优草螽的发声锉

螽斯雄性的发声器是由左前翅Cu_2脉腹面特化形成的由一系列发声齿(tooth)组成的发声锉(file)，和右前翅后缘相对位置的硬化边缘即刮器(plectrum)构成。鼻优草螽和苍白优草螽的发声锉有相似之

收稿日期：2000-06-28；修改稿收到日期：2000-09-20

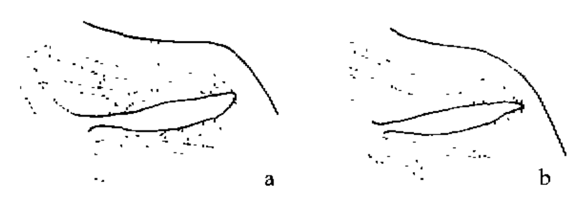


图1 鼻优草螽（a）和苍白优草螽（b）雄性左前翅发声区

Fig.1 Stridulatory area of the male of left tegmina *E. nasutus*（a）and *E. pallidus*（b）

处，如中部的发声齿排列稀疏，端部的发声齿排列紧密；两端的发声齿排列不规则，发声齿间距显著缩短（图2：a，c）。但鼻优草螽的发声锉呈纺锤形，稍弯曲，由68～72个发声齿构成，中部的发声齿较长，两端的发声齿较短（图2a），发声齿间隔明显（图2b）。苍白优草螽的发声锉呈中部稍粗的棒状，较直，由73～77个发声齿组成（图2c），发声齿顶端和基部的相对高度显著缩小（图2d）。

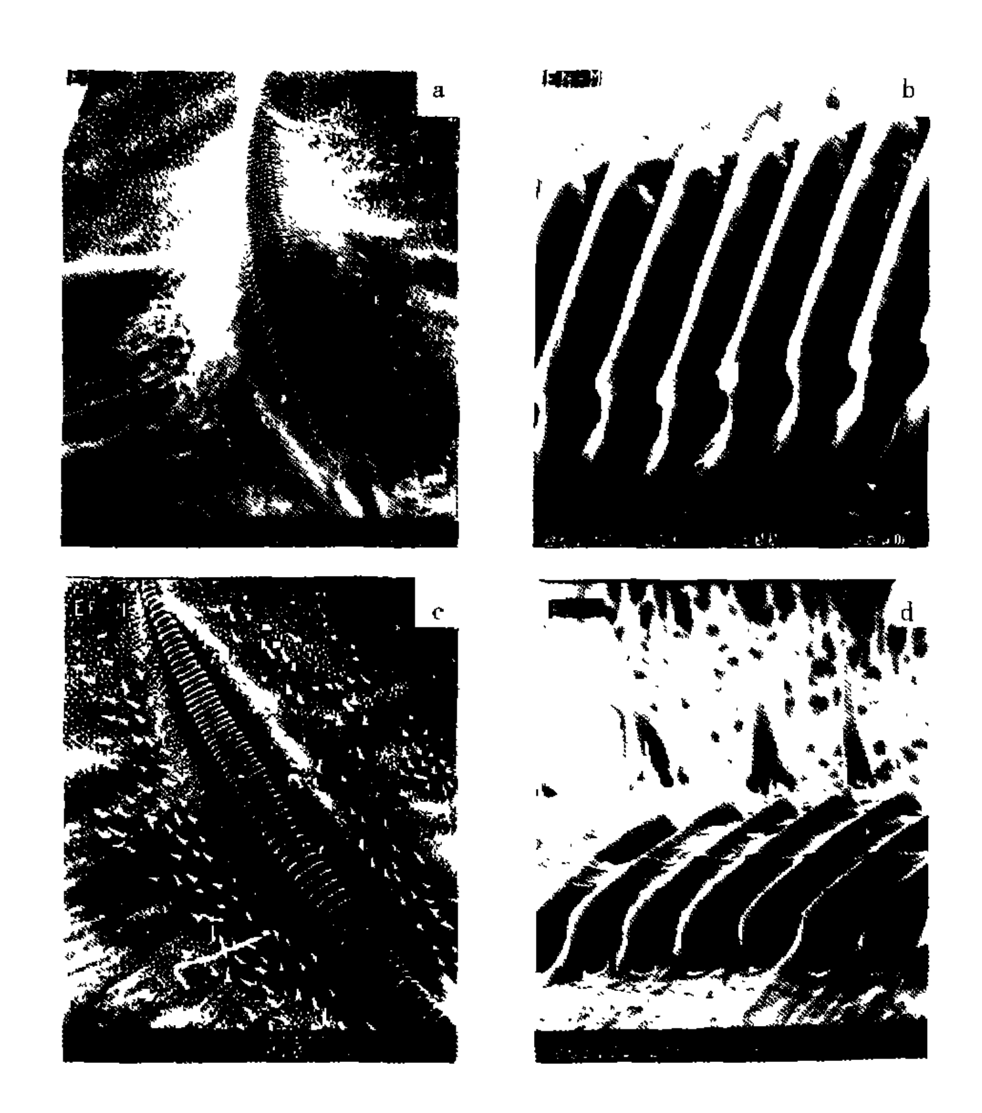


图2 鼻优草螽（a，b）和苍白优草螽（c，d）雄性发声器

Fig.2 Stridulatory organs of the male of *E. nasutus*（a，b）and *E. pallidus*（c，d）

a，c：发声锉（stridulatory file）；b、d：发声齿（stridulatory teeth）。

2.3 鼻优草螽和苍白优草螽鸣声特征

2.3.1 鼻优草螽和苍白优草螽时域波形图 鼻优草螽鸣声时域波形图见图3，其鸣声的每个脉冲组由4个脉冲串构成，持续时间4.5 ms，脉冲组间隔很短，约为1.8 ms（图3：a，b，c），脉冲组重复率为160次。苍白优草螽的时域波形见图4a，b，c，其鸣声的每个脉冲组由1个脉冲串构成，持续时间约为1.6 ms，脉冲组间隔稍长，约为4.3 ms

（图 4：b，c），脉冲组重复率约为 170 次，二者人耳感知的鸣声均为连续不间断的持续鸣叫。

2.3.2　鼻优草螽和苍白优草螽频谱图　鼻优草螽和苍白优草螽频谱图分别从 441 和 220.5 个信号点分析获得，频率间隔分别为 100 和 200 Hz。2 种优草螽的频谱图见图 5，鼻优草螽鸣声的频率范围 9.5～14.5 kHz，最大振幅点的频率 11.37 kHz（图 5a）。苍白优草螽鸣声的频率范围 7.0～14.0 kHz，最大振幅点的频率 11.03 kHz（图 5b）。

2.3.3　鼻优草螽和苍白优草螽的声谱图　声谱图

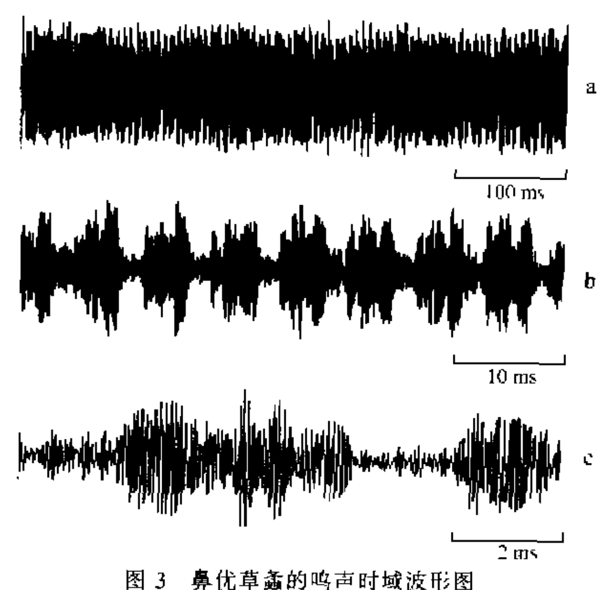


图 3　鼻优草螽的鸣声时域波形图

Fig.3　Oscillogram of the songs of *E. nasutus*

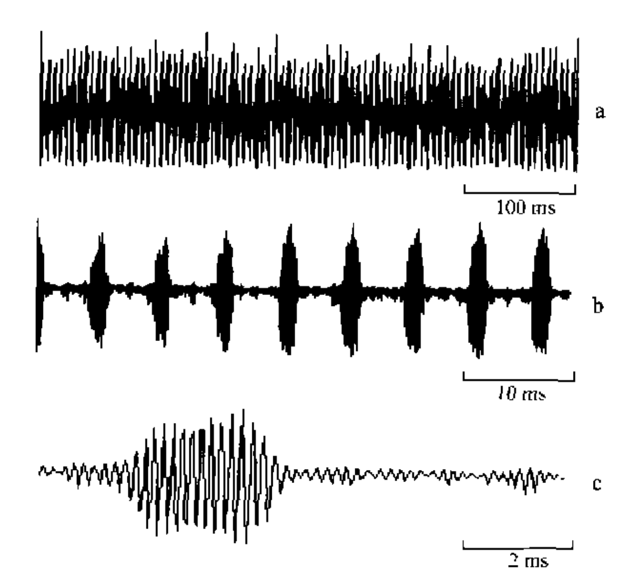
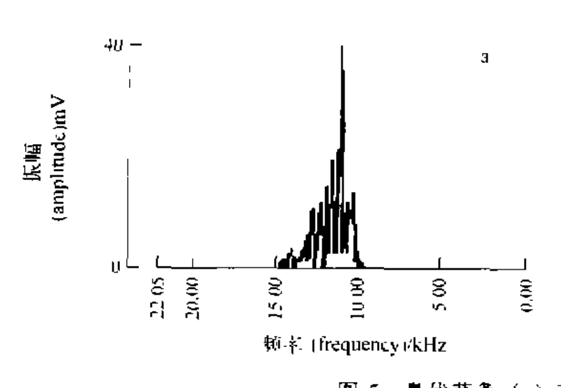


图 4　苍白优草螽的鸣声时域波形图

Fig.4　Oscillogram of the songs of *E. pallidus*



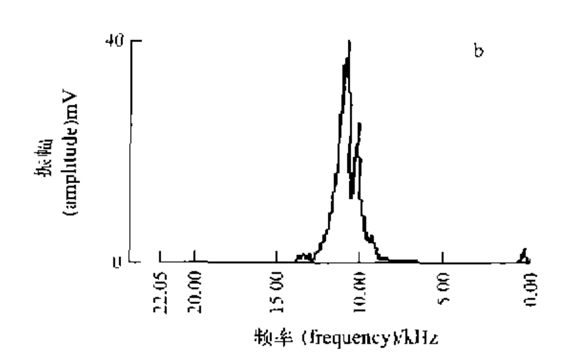
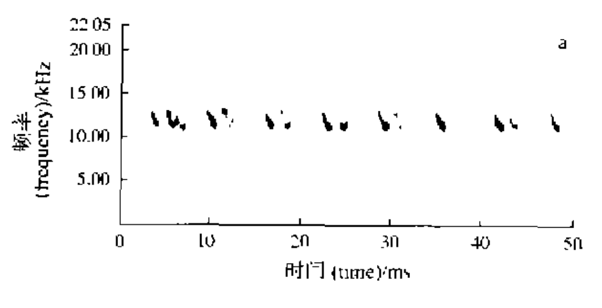


图 5　鼻优草螽（a）和苍白优草螽（b）频谱图

Fig.5　Spectra of the songs of *E. nasutus* (a) and *E. pallidus* (b)



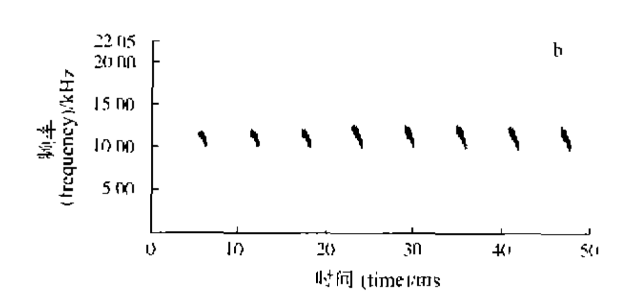


图 6　鼻优草螽（a）和苍白优草螽（b）声谱图

Fig.6　Sonagram of *E. nasutus* (a) and *E. pallidus* (b)

可直观反映鸣声的频率和振幅随时间变化的规律。声谱图中颜色的深浅表示声压的大小。颜色深的部分表示声压大，颜色浅的部分表示声压小。鼻优草螽鸣声的声谱图中（图 6a），频率在 11.0 ~ 14.0 kHz 之间颜色深，深色带间的白带（即空白部分），为脉冲组间隔。苍白优草螽声谱图中（图 6b），10.0 ~ 12.5 kHz 之间颜色深，其顿号状的深色带间的空白部分为脉冲串间隔。

3 讨 论

优草螽属全世界已知 30 多种，中国记载有 5 种（Otte，1997）。该属的种类多数分布于热带和亚热带，中国已知的种类主要分布于东洋区。鼻优草螽和苍白优草螽是优草螽属在中国分布较广的 2 个种，外形很相似。但通过对其雄性发声器的观察和鸣声特征的分析，发现它们的发声器和鸣声差异较显著。

这 2 种优草螽雄性左前翅发声区的翅脉与亲缘关系相近的 *Pseudorhynchus* 属的种类相似（Ragge，1969），1A、2A、Cu_2a 脉均明显。发声锉基半部的发声齿排列稀疏，端半部的发声齿排列紧密的结构可能和发出脉冲组间隔很短的鸣声有关。在鸣叫时，前翅可能仅部分开启，且开启到发声锉的中部。基部的发声齿可能主要用于翅的闭合等，这还需深入研究。

从鸣声的时域波形图可见，鼻优草螽和苍白优草螽雄性的鸣声脉冲组间隔的时间很短，脉冲组重复率高。每次鸣叫一段时间后，间隔较长时间才再鸣叫。记录的 10 多头鼻优草螽中，最长的 2 min 5 s，最短的 1 min 30 s；苍白优草螽最长的 1 min 40 s，最短的 1 min 12 s。由此可见，脉冲序列方面的特征不可能成为种内识别的依据，而组成脉冲组的脉冲数以及持续时间和间隔时间可能是种内识别的主要依据。从频谱图上可以看出，2 种螽斯雄性鸣声的频率有相似之处，主要在 10.0 ~ 12.5 kHz。2 个种的声谱图显示了雄性鸣声的频谱随时间变化的不同规律。

参 考 文 献

Bailey W J. 1976. Species isolation and song types of the genus *Ruspolia* Schulthess (Orthoptera: Tettigonioidea) in Uganda [J]. *J. Nat. Hist.*, **10**: 511 - 28.

Bailey W J, 1979. A review of Australian Copiphorini (Orthoptera: Tettigoniidae: Conocephalinae) [J]. *Aust. J. Zool.*, **27**: 1015 - 49.

He Z, Chen N L. 1985. The sound structure of five species of common chirp insects in Beijing [J]. *Acta Zool. Sin.*, **31** (4): 324 - 330 [何 忠，陈念丽. 1985. 北京地区常见五种鸣虫的鸣声结构. 动物学报, **31** (4): 324 ~ 330.]

Heller K G, 1995. Acoustic signalling in palaeotropical bushcrickets (Orthoptera: Tettigonioidea: Pseudophyllidae): does predation pressure by eavesdropping enemies differ in the Palaeo- and Neotropics [J]. *J. Zool. Lond.*, **237**: 469 - 485.

Otte D, 1997. Orthoptera Species File. Vol. 7 [M]. The Orthopterists's Society at The Academy of Natural Sciences of Philadelphia. 1 - 373.

Ragge D R, 1969. A revision of the African species of *Pseudorhynchus* Serville (Orthoptera: Tettigoniidae) [J]. *Bull. Br. Mus. Nat. Hist.* (*Ent.*), **23**: 169 - 190.

Ragge D R, 1990. The songs of the Western European bushcricket of the genus *Platycleis* in relation to their taxonomy (Orthoptera: Tettigoniidae) [J]. *Bull. Br. Mus. Nat. Hist.* (*Ent.*), **59** (1): 1 - 35.

Shen J X, Guan L. 1988. Song production and hearing sensitivity in bushcricket *Deracantha onos* [J]. *Acta Acoustica*, **13** (1): 53 - 58 [沈钧贤，关 力, 1988. 硕螽(*Deracantha onos*)的发声与听觉. 声学学报, **13** (1): 53 ~ 58.]

Shen J X, Tang H, 1991. A study of song characteristics and hearing of the bushcricket *Gampsocleis gratiosa* [J]. *Acta Acoustica*, **16** (6): 459 - 465. [沈钧贤，唐 欢, 1991. 短翅鸣螽的鸣声特征分析与听觉研究. 声学学报, **16** (6): 459 ~ 465.]

Shi F M, Zheng Z M. 1998. Studies on the male stridulatory apparatus of three species of the genus *Sinochlora* [J]. *Zool. Res.*, **19** (3): 254 - 256. [石福明，郑哲民. 1998. 三种华绿螽雄性发音器的研究. 动物学研究, **19** (3): 254 ~ 256.]

Shi F M, Zheng Z M, 1999. Studies on male stridulatory apparatus of *Kuwayamaea* Matsumura *et* Shiraki and a description of a new species (Orthoptera: Phaneropteridae) [J]. *Acta Entomol. Sin.*, **42** (4): 401 - 405. [石福明，郑哲民, 1999. 桑螽属雄性发声器的研究及一新种记述(直翅目：露螽科). 昆虫学报, 42 (4): 401 ~ 405.]

Wang Y C, Yang L F, Hu C L, 1988. A comparative study on the file and stridulation in Gryllidae and Tettigoniidae [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*, **11** (2): 133 - 135. [王荫长，杨莲芳，胡春林. 1988. 蟋蟀科和螽斯科昆虫音锉形态和鸣声特征的比较. 南京农业大学学报, **11** (2): 133 ~ 135.]

Studies on the Songs and Stridulatory Organs of *Euconocephalus nasutus* (Thunberg) and *E. pallidus* (Redtenbacher)

SHI Fu-Ming[1] YANG Pei-Lin[2] JIANG Shu-Nan[1]

([1] *Department of Plant Protection, Southwest Agriculture University, Chongqing 400716, China*;
[2] *Department of Physics, Shanxi Teachers University, Shanxi 041000, China*)

Abstract: *Euconocephalus nasutus* (Thunberg) and *E*. *pallidus* (Redtenbacher) were quite similar in morphology, but their songs and the stridulatory organs were obviously different. The chirp of the songs of *E*. *nasutus* lasts 4.5 ms, consisting of 4 pulse-strings with an inter-chirp interval of 1.8 ms, and the frequency of highest power peak is about 11.37 kHz. The chirp of the songs of *E*. *pallidus* has only one pulse-string with an inter-chirp interval of 4.3 ms. The pulse-string duration is 1.6 ms and the frequency of highest power peak is about 11.03 kHz. The file of *E*. *nasutus* is curved with thin ends and enlarged middle portion. The file of *E*. *pallidus* is straight, and slightly widened in the middle portion.

Key words: Song; Stridulatory organ; *Euconocephalus*

《Fauna of China》简介

《Fauna of China》英文系列丛书于 2000 年在美国出版。该系列丛书的宗旨是促进中国动物区系的研究以及国际交流。该系列丛书主要发表关于中国动物区系的长篇专著，包括区系志书、鉴定手册、系统名录、文献目录等，另也接受短文集刊发表。每卷含 200 页左右，精装。同时出版网络电子版。文稿须按统一格式撰写，经国际同行专家评审后方可发表。该系列丛书不定期、不压稿、每卷完成后即送印上网。该系列出版不收版面印刷费和审稿费，也不付稿酬。著作者可免费获得其著作的 e-reprint 和印刷本两份。该系列优先录用退休专家和年轻学者的著作。欲投稿者，请参见网站 http://www.mapress.com/FoC 或与主编张智强博士联系。

该系列丛书同时刊登有关中国动物区系专著的书评，以让国际同行了解。著作者若有著作在《Fauna of China》中介绍的，请寄一本给张智强博士。为便于国内同行收集此系列丛书，张智强博士备有部分存书可与你交换国内出版的专著。

张智强

(*Landcare Research, P.B.92170, Auckland, New Zealand; e-mail: zhangz@landcare.cri.nz*)